

Conception d'un Télescope à Protons de Recul pour la Spectrométrie Neutron en Temps Réel en Protonthérapie

R. Combe¹, N. Arbor¹, Z. El Bitar¹, S. Higuere¹, D. Husson¹

1. Université de Strasbourg, CNRS, IPHC UMR 7178, F-67000 Strasbourg, France

Les neutrons sont les principales particules secondaires émises en protonthérapie. Ils contribuent de manière importante à la dose déposée hors du volume cible, augmentant ainsi le risque de cancers radio-induits et autres effets secondaires. Comme l'énergie des neutrons s'étend des thermiques à plusieurs dizaines de MeV, un spectromètre neutron est un outil précieux afin de prendre en compte la dépendance en énergie du facteur de pondération radiologique des neutrons. En raison de sa dépendance importante aux différents paramètres des irradiations (faisceau, accélérateur, patient), le spectre neutron est propre à chaque traitement.

La référence actuelle pour la mesure de l'énergie des neutrons, le Système de Sphères de Bonner (BSS), consiste en une série de sphères de polyéthylène homogène de diamètres croissants, équipées d'un compteur proportionnel en leur centre. Il permet une très bonne résolution sur la mesure de l'énergie du neutron, et cela sur une large gamme d'énergie, mais nécessite une longue et complexe procédure de déconvolution du signal. De nouveaux spectromètres neutrons sont actuellement en cours de développement, mais le défi principal reste le haut flux de neutrons présent en salle de protonthérapie. Un nouveau modèle de spectromètre neutron, basé sur le principe du Télescope à Protons de Recul, a été développé à l'IPHC. Il permet une mesure en temps réel et à haute vitesse du spectre des neutrons, à partir de la mesure de la trajectoire et de l'énergie des protons de recul. Un circuit intégré à lecture rapide, nommé FastPixN, a été développé spécialement pour cette application.

Un premier prototype, capable de détecter des neutrons entre 4 et 20 MeV, a été validé à l'installation AMANDE de l'IRSN de Cadarache. La géométrie du Télescope à Protons de Recul a été optimisée à l'aide de simulations Monte-Carlo Geant4. Les sources d'incertitudes ont été étudiées avec attention afin d'améliorer à la fois l'efficacité et la résolution en énergie, et des solutions ont été développées pour supprimer les différents bruits de fond attendus. Ce premier prototype a été récemment amélioré afin de permettre la mesure du champ neutronique présent en salle de protonthérapie. La gamme en énergie a été portée jusqu'à 30 MeV et son efficacité de détection a été augmentée afin de faire face à un taux de bruit de fond accru dû aux neutrons de haute énergie et à haut flux. Cet appareil permettra dans un premier temps de tester les différents modèles d'interactions nucléaires pour la génération des neutrons utiliser par les codes de calculs Monte-Carlo et les logiciels de planification de traitement. Il permettra également à terme, grâce à la mesure de la partie du spectre neutron située entre 5 et 30 MeV, couplé à d'autres détecteurs, d'obtenir la dose neutron en temps réel en salle de protonthérapie.